

USO DOS KITS LEGO MINDSTORMS E REDE DE PETRI COM O AUXÍLIO NO ENSINO DE ROBÓTICA PEDAGÓGICA

Alan Paranhos de Souza e Silva – alanparanhos@hotmail.com

Maruedson Martins Pires – maruedson01@yahoo.com.br

Robson Marinho da Silva – rmscontrol@yahoo.com.br

Universidade Estadual de Santa Cruz, Engenharia de Produção e Sistemas

Campus Soane Nazaré de Andrade, km 16 Rodovia Ilhéus-Itabuna

CEP – 45662-900 Ilhéus- Ba

Resumo: *Avanços tecnológicos e nas formas de organização do trabalho aliados a crescente competitividade alavancam grandes mudanças nos sistemas produtivos e na vida urbana, tais como, a flexibilização, a integração das diversas tecnologias envolvidas, e a valorização do conhecimento humano. Por outro lado, a atualização de sistemas de controle e automação é fundamental para aproveitar o potencial das diversas tecnologias empregadas nestes sistemas produtivos. Estas mudanças impõem novas tendências às instituições e aos demais agentes envolvidos no processo educacional, que devem preocupar-se com a formação do cidadão permitindo aos jovens acadêmicos uma transição adequada para o novo ambiente de trabalho. O presente artigo apresenta o projeto PET-CA (Programa de Ensino Tutorial Controle e Automação) da Universidade Estadual de Santa Cruz (UESC), que atua neste sentido, gerando uma rica aprendizagem interpessoal e uma ampla formação acadêmica a alunos do curso de Engenharia de Produção e Sistemas e de Ciências da Computação. O projeto pretende oportunizar capacitação de alto nível aos seus membros, gerar soluções de ensino das disciplinas envolvidas, utilizando instrumental tecnológicos atuais e inteligente, formar cidadãos com espírito empreendedor, e estender os benefícios e resultados obtidos à sociedade.*

Palavras-chave: *Robótica, Programação de Robôs, Educação, Rede de Petri, Lego Mindstorms (máximo de 5)*

1 INTRODUÇÃO

Os sistemas produtivos (SPs) sofreram grandes transformações, devido aos avanços tecnológicos nos sistemas mecânicos, nas redes de comunicação, novas formas de organizações do trabalho, aumento na competitividade e busca de maior eficiência dos serviços oferecidos. Exigindo que os mesmos tornem-se cada vez mais flexíveis sob diferentes requisitos como volume de produção, tipo de produto e natureza dos recursos envolvidos (SILVA *et al.*, 2011). A flexibilidade dos SPs pode ser entendida como a facilidade encontrada em adaptar-se de modo a melhorar a qualidade dos produtos e/ou serviços e a capacidade de customizar os itens, i.e., materiais e/ou informações a serem produzidos ou processados.

Para atender os requisitos atuais foram criados os sistemas produtivos flexíveis (SPFs). A compreensão destes SPFs é considerado uma tarefa complexa, pois envolve a modelagem de vários subsistemas heterogêneos que interagem entre si para execução de processos simultâneos e, em geral, compartilhando os mesmos recursos. Estes processos envolvem grandes números de variáveis, dimensões consideráveis e de natureza dinâmica; possui a

presença de subsistemas heterogêneos que interagem entre si, e onde ha papel do homem como projetista, usuário e operador, têm que ser considerada. Embora existam várias tecnologias mecatrônicas para o desenvolvimento de aplicações de SPFs, o uso adequado da tecnologia exige também a atualização do conhecimento humano. (SILVA *et al.*, 2010a).

A área de controle e automação baseia-se na modelagem de sistemas de diversas naturezas, analisando o seu comportamento dinâmico, e usando a teoria de controle para calcular os parâmetros de um controlador que faça o sistema evoluir da forma desejada e adaptativa às mudanças do ambiente. Para obter uma automação adequada de um sistema é necessário ter uma visão global do processo produtivo, o que faz o profissional da área usar informações que relacionem áreas de conhecimento distintas, como é o caso das engenharias e das ciências da computação. Os conhecimentos de controle e automação têm suas aplicações na indústria de processo em geral, tais como na indústria química, petroquímica, alimentícia, têxtil, de celulose e de saneamento, uma vez que nos processos químicos que decorrem ao longo do percurso produtivo numa planta industrial, é necessário controlar o comportamento das variáveis que interferem na qualidade dos produtos de acordo com padrões pré-estabelecidos. Além disso, todos os ramos da automação discreta tais como na manufatura se beneficiam das técnicas de controle. Entre as aplicações neste ramo da indústria está a robótica industrial, usinagem de peças, controle de motores, entre outras. Assim, pode-se afirmar que a tecnologia de controle e automação gerou um grande aumento na competitividade nas mais diversas áreas enquanto que a automatização dos processos aumentou significativamente a produtividade e qualidade dos produtos.

Mesmo com toda importância dos equipamentos automatizados e o controle de processos na evolução dos SPs, encontra-se uma grande dificuldade no ensino destes temas nas universidades, pelo fato das disciplinas que as envolve estarem alocados na parte final dos cursos de engenharia e necessitarem de conhecimentos prévios de disciplina como eletrotécnica e eletrônica.

Outro grande desafio encontrado nas universidades é a dificuldade do ensino de algumas áreas do conhecimento onde o baixo grau de aprendizagem dos estudantes tem sido tema de várias pesquisas e estudos que demonstram este problema e propõem soluções alternativas aos métodos tradicionais. Alguns estudos estatísticos relacionados ao sucesso acadêmico apresentam indicadores preocupantes na aprendizagem de algumas áreas chaves para o desenvolvimento humano, tais como física, matemática e engenharia. De fato, torna-se fundamental a análise e proposta de novos métodos de ensino utilizados nesta área, que motivem os alunos durante o seu processo de aprendizagem, sendo, portanto este considerado um assunto de grande relevância.

Para alguns autores a tendência dos métodos de ensino é propor um maior grau de estudo de atividade de investigação, i.e., aplicar os conceitos de "aprender fazendo" e "aprendendo a apreciar", que envolvem um grande esforço na integração de competências multidisciplinares e equipe. Neste contexto, o Kit Mindstorms (MINDSTORMS, 2011) da plataforma LEGO (deste ponto em diante denominado LEGO Mindstorms) aparece como uma interessante maneira de conseguir superar desafios que se referem a vários domínios do conhecimento.

Além da distância com a prática da profissão, algumas abordagens do ensino também contribuem para a desmotivação do corpo discente: (i) estudo de ferramentas e soluções para problemas ainda não conhecidos; (ii) priorização do ensino das técnicas em detrimento do exercício da criatividade; e (iii) ensino baseado em uma realidade em descompasso com o os problemas enfrentados pelo engenheiro.

Como auxílio ao ensino de técnicas da área de controle e automação pode-se utilizar o LEGO Mindstorms, que tem como base de trabalho o pioneirismo de Logo, uma linguagem de computador e uma filosofia da educação, iniciada pelo Dr. Seymour Papert na década de 1960 no Laboratório de Inteligência Artificial. Papert foi um dos primeiros a sugerir a teoria de aprendizagem chamada “construcionismo”, que sugere que: (1) aprendizagem é um processo ativo de idéias que é único e pessoal para cada aluno, e (2) essa jornada pode ser facilitada quando o aluno constrói coisas no mundo que se tornam objetos compartilhados e de reflexão social. A linguagem de programação Logo de Papert e posteriormente os kits LEGO Mindstorms herdaram esse conjunto de idéias.

Devido às características inerentes a plataforma LEGO Mindstorms, como reutilização, divisão em módulos, flexibilidade e custo-efetivo, os desenvolvedores argumentam que a introdução dessa plataforma, em alguns cursos de engenharia é bastante útil, melhorando a aprendizagem de diversas áreas do conhecimento, (BAGNALL, 2007) tais como robótica móvel, programação de computadores, inteligência artificial, sistemas distribuídos e produtos eletrônicos. A utilização de kits LEGO Mindstorms vem como uma alternativa de baixo custo ao ensino de controle e automação, facilitando a introdução desses temas inclusive na parte básica dos cursos de engenharia, em substituição dos equipamentos de alto custo de aquisição e manutenção, que não permitem o acesso a todos os alunos.

Portanto, com a intenção de propor melhorias no grau de aprendizagem no curso de Engenharias e de Ciências da Computação da UESC (Universidade Estadual de Santa Cruz), localizada em Ilhéus, BA, é proposto um método baseado em um modelo de aprendizado com ênfase na participação coletiva pelo grupo. Desse modo, gerando uma rica aprendizagem interpessoal e uma ampla formação acadêmica, e incentivando a interdisciplinaridade. Este método é utilizado de forma ampla no Programa de Ensino PET (Programa de Ensino Tutorial) Controle e Automação (PET-CA) da UESC. Neste texto, é apresentado um exemplo de aplicação da construção de um robô móvel autônomo, utilizando uma plataforma LEGO Mindstorms e as técnicas de rede de Petri e suas extensões, para demonstrar as vantagens do procedimento proposto. A divulgação e disseminação de técnicas que antecipem o aprendizado e formação de profissionais capazes de lidar com os desafios da realidade encontrados nas empresas contribui para a sustentabilidade das mesmas, bem como do ambiente que vivemos. Pois, estes profissionais estarão mais bem preparados para utilizar de forma racional o tempo e os recursos disponíveis. Assim, este trabalho também contribui para inovação tecnológica com sustentabilidade.

2 ROBÓTICA MÓVEL

Robótica móvel é uma matéria interdisciplinar, que articula e integra diferentes áreas do conhecimento, como matemática, física, mecânica, eletrônica, controle e automação, programação de computadores, visão artificial e inteligência artificial. Por definição, um robô móvel autônomo possui a capacidade de mobilidade e executa suas próprias decisões utilizando a resposta dada pelo ambiente. A robótica móvel autônoma engloba um conjunto significativo de tarefas complexas, como a percepção, localização, navegação e planejamento de trajetória (DUDEK & JENKIN, 2000).

De acordo com, PIO et al., 2006, a percepção sensorial visa responder a perguntas como onde estou, e qual é o ambiente onde estou colocado, e coletar informações para determinar a localização do veículo e a distância para os obstáculos. Esse componente requer a implementação de um sistema sensorial que responde a estas perguntas. O componente de localização ou navegação visa determinar o caminho entre uma posição inicial e uma posição

do alvo, evitando a ocorrência de colisões. Este componente é composto por três principais sub-tarefas: mapeamento e modelagem do ambiente, planejamento de trajetória, e seleção e orientação. Em determinadas situações, sub-tarefas adicionais, tais como a cooperação com outras entidades autônomas, podem ser adicionadas. A movimentação do robô móvel é possível pelo uso de motores DC. Normalmente, as caixas de engrenagens e codificadores são acopladas aos motores, permitindo aumentar o torque e determinar o posicionamento do robô.

A aprendizagem de robótica móvel requer o uso de novas metodologias que aplicam os conceitos de "aprender fazendo" e "aprender a apreciar", fazendo com que o aluno sintase envolvido e motivado durante o processo de aprendizagem. Neste contexto, a plataforma LEGO Mindstorms aparece como uma, flexível e educacional ferramenta para aumentar a aprendizagem de temas de robótica móvel. Um dos principais motivos para que os *kits* LEGO Mindstorms sejam interessantes é a familiarização das pessoas com a construção do LEGO, onde as peças permitem a conectividade entre si, eliminando a necessidade do uso de parafusos ou cola, fazendo a construção de modelos mecânicos muito mais limpo e mais fácil. É também uma ferramenta que contribui para a sustentabilidade, pois as peças podem ser sempre reutilizadas em outros projetos. Além da possibilidade de reutilização os *kits* caracterizam-se por ser uma alternativa de baixo custo em relação aos equipamentos convencionais do ensino de controle e automação, sendo desta forma uma ferramenta bastante útil na disseminação desses temas de maneira sustentável não só na parte específica dos cursos de graduação, mas também no período de disciplinas básicas do curso.

3 PLATAFORMA LEGO MINDSTORMS

LEGO, uma marca conhecida no mundo, é um conjunto de peças plásticas para a construção de modelos mecânicos. O LEGO Mindstorms RIS (*Robotic Invention System*), plataforma que utiliza os conceitos básicos da LEGO para construir modelos mecânicos, usados por milhões de usuários ao redor do mundo, permite aprendizagem através do projeto, inventando e experimentando sistemas controlados por computador, tais como robótica móvel. A flexibilidade e a divisão modular associada à plataforma LEGO Mindstorms permite criar rapidamente diferentes configurações, apresentando uma motivação para o público que está dando seus primeiros passos no mundo da robótica (e especialmente no mundo da robótica móvel), além disso, está adquirindo conhecimentos baseados na técnica de prototipagem rápida (RESHKO et al., 2000).

O NXT, ilustrado na Fig.1, é o dispositivo programável, chamado bloco lógico, que atua como a unidade de controle central de um kit e onde se encontra a tecnologia Mindstorms, que transforma modelos mecânicos em robôs e controla suas ações. O NXT amplia a possibilidades de uso do kit, permitindo aos alunos construir não apenas as estruturas e mecanismos, mas também desenvolver conhecimentos e técnicas baseadas no comportamento de sistema de controle.



Figura 1- Bloco lógico NXT da LEGO Mindstorms.

O NXT possui quatro entradas (numeradas com números de 1 a 4) e três saídas (indicados com letras de A até C). Isso significa que os blocos NXT podem coletar informações do ambiente, através de quatro sensores, e pode acionar três dispositivos de atuação. Os sensores comuns usados por esta plataforma são os sensores infravermelhos, sensores de toque e sensores sonoros, conforme ilustrado na Fig. 2. No entanto, é possível obter sensores adicionais para conectar o controlador NXT, tais como sensores de temperatura, explorando a potencialidade do LEGO Mindstorms.



Figura 2 - Sensores fornecidos pela Plataforma LEGO.

A plataforma oferece dois motores DC 9 volts equipado com uma caixa de velocidades. A caixa de velocidades permite reduzir a velocidade angular da roda e aumentar o torque disponível. Este trabalho baseou-se na construção de um robô empilhadeira, ilustrado na Fig. 3, no qual se utilizou as ferramentas acima citadas.

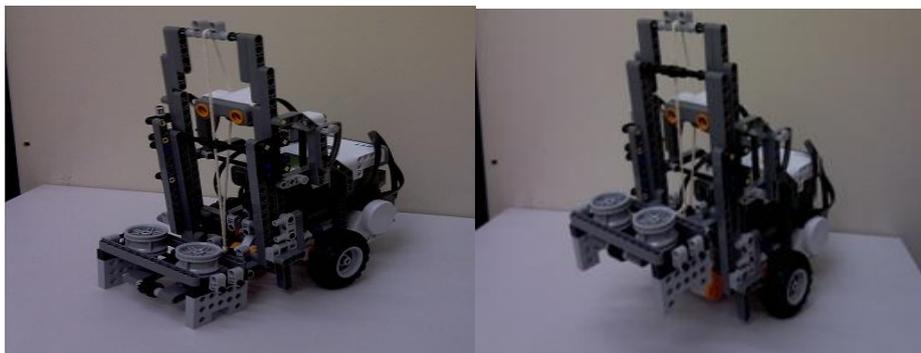


Figura 3 - Robô empilhadeira utilizando LEGO Mindstorm.

Usando a comunicação via infravermelho, dois blocos NXT podem se comunicar uns com os outros, expandindo as portas de entrada e saída.

Sendo uma ferramenta largamente utilizada no mundo, um conjunto de informações importantes está disponível para experimentar e desenvolver aplicações usando a robótica LEGO Mindstorms, além disso, tem-se também material disponível que servem de apoio para educadores e pesquisadores que gostariam de usar Mindstorms para fins educacionais (Mindstorms Comunidade, 2011). Outras referências que abordam de forma mais investigativa também estão disponíveis (Bagnall,2002; Laverde *et al.*, 2002; Ferrari *et al.*, 2002).

4 NXT SOFTWARE

A programação do NXT pode ser executada dentro do ambiente de programação RIS, que é uma ferramenta de programação gráfica fornecida pela LEGO.

A linguagem RIS de programação gráfica que consiste em blocos funcionais que estão organizados para a construção da programação. O programa de controle é composto por um conjunto de blocos maiores que agem como macros, ou seja, contém vários sub-blocos, cada um executando uma tarefa de controle específica. Por exemplo, já existem blocos pré-definidos para mover o robô para frente por algum tempo, para virar à esquerda ou à direita.

Tem-se também incluído os chamados pequenos blocos de modo que agem como funções que podem ser utilizados para controlar algumas funções dos blocos macros, como para controlar a potência dos motores, o som e as comunicações via Bluetooth. A linguagem gráfica RIS permite também construir novos blocos macros que poderão ser re-utilizados, ou seja, é possível agrupar um conjunto de ações que serão utilizados mais de uma vez sobre o programa do robô. A linguagem de programação RIS também contém algumas funções auxiliares, tais como blocos dedicados a realizar repetição e temporização, além de um conjunto de blocos para interagir com os diferentes sensores disponíveis.

O ambiente de programação RIS permite o desenvolvimento rápido de programas de robôs. Apesar de suas vantagens, principalmente quanto à simplicidade e poder de intuição, o *software* do NXT (NXT SOFTWARE, 2011), que pode ser visto da Fig. 4, apresenta alguns inconvenientes, que cria algumas barreiras para o desenvolvimento de tarefas complexas.

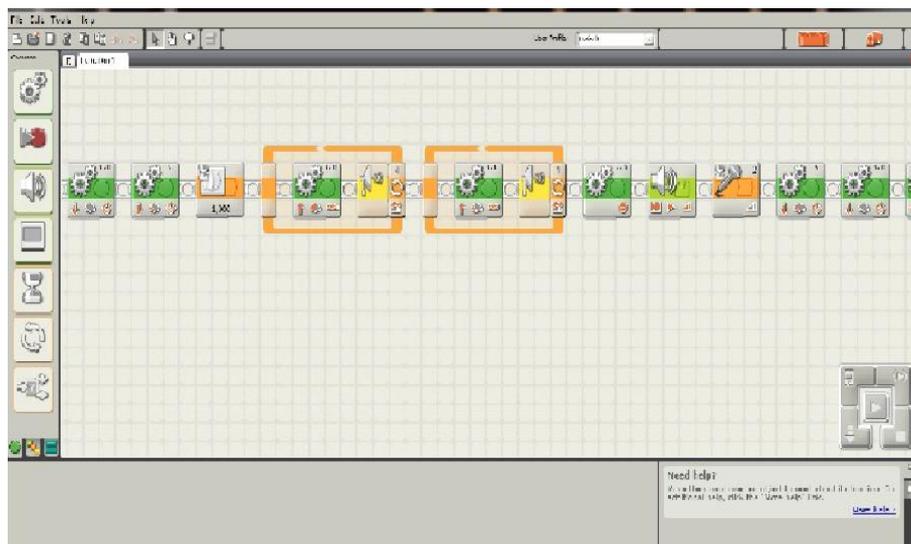


Figura 4. (Programação no NXT SOFTWARE v1.1)

5 REDE DE PETRI - RDP

Se comparadas com outras técnicas de descrição de sistemas a eventos discretos (SEDs), tais como, cadeias de Markov, teoria das filas, álgebra de processo, álgebra max-plus, lógica temporal, teoria de linguagem e/ou autômatos, a Rdp possui um poder equivalente de modelagem, além disso, ela tem a característica e vantagem da facilidade de visualização do sistema (REISIG, 1985, CASSANDRAS, 1993, DAVID & ALLA, 1994).

Alguns autores definem um modelo de rede de Petri (Rdp) homogêneo que inclui um único formalismo para descrever todo o sistema. Outros autores utilizam o formalismo diferente para cada parte do sistema. A primeira é formalmente mais elegante, mas apresenta dificuldades para casos práticos, porque ele é forçado a adotar um ponto de vista único para todas as partes e a segunda é derivada da heterogeneidade dos sistemas reais. Como este trabalho considera um sistema prático, incluindo situações anormais a segunda abordagem é adotada, mas para evitar a necessidade de especialistas para um grande número de formalismos, apenas duas Rdp são consideradas.

Para modelar o comportamento dinâmico adotou-se uma classe de Rdp lugar/ transição, denominada neste texto estendida rede de Petri (e-Rdp), que foram adicionadas transições temporizadas (termos relacionados com Rdp são apresentados em Arial), arcos inibidores e arcos habilitadores (DAVID & ALLA, 1994). Para construir esses modelos uma Rdp interpretada do tipo canal/ agência chamado PFS (*Production Flow Schema*) (HASEGAWA et al., 1999) é usado. O PFS é uma técnica desenvolvida para sistematizar e facilitar a modelagem de SPs. Iniciando a modelagem do sistema em um alto nível de abstração, refinamentos sucessivos são aplicados e, em cada nível o modelo é mais detalhado. O objetivo é representar bem a estrutura das partes envolvidas na execução das atividades e do fluxo de operações dos processos produtivos. No procedimento, a partir do refinamento em PFS, os modelos dinâmicos do sistema são gerados usando e-Rdp.

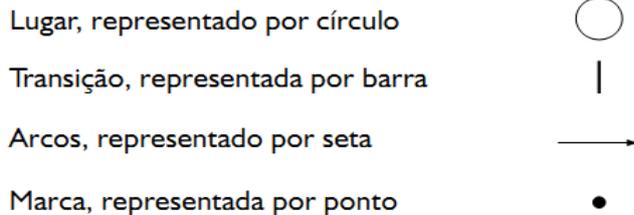
Uma Rdp é formalmente definida como um grafo bipartido direcionado e com um estado inicial denominado marcação inicial (m_0), sendo composto pelos seguintes elementos (termos relacionados a Rdp estão em Arial): arcos são orientados tanto de lugares para transições, como de transições para lugares. Uma variável m designa a um lugar p um número inteiro positivo que representa o número de marcas que devem ser desenhadas no interior do lugar. No modelo adotado em Rdp, um lugar representa uma condição e uma transição representa um evento. Assim, para um evento acontecer, todas as pré-condições do evento tem que ser satisfeitas. Quando um evento ocorre, as suas pré-condições deixam de ficar satisfeitas, e as suas pós-condições (previamente não satisfeitas) passam a estar satisfeitas. Na Fig. 5a, tem-se um exemplo de Rdp.

O PFS é uma interpretação da Rede de Petri para a representação num nível conceitual de abstração do sistema sem consideração de sua dinâmica. A premissa é de que adiando a inclusão de regras de dinâmica existe um adiamento no comprometimento do modelo, evitando uma restrição indesejável do detalhamento de um modelo e, as conseqüências da invalidade de algumas das hipóteses, que podem levar a uma reestruturação onerosa do modelo. Assim, o PFS representa os elementos essenciais do sistema sem detalhá-los, o que pode ser feito posteriormente, de modo sistemático e racional. Ou seja, quando existir um conhecimento mais precisa da dinâmica do fluxo que se deseja estudar. Os elementos estruturais de um PFS que estão representados na Fig. 5b são: atividade (componente ativo) - representa uma ação ou um conjunto de ações que alteram o estado do item, interatividade ou distribuidor (componente passivo) que representa a disponibilização dos itens que fluem no

sistema para a visualização dos estados deste, e • arco (fluxo de materiais, pessoas, informações) representa a relação entre uma interatividade e uma atividade e vice-versa.



(a)



(b)

Figura 5 - Elementos de rede de Petri e sua extensão PFS

6 APLICAÇÃO DA METODOLOGIA LEGO MINDSTORMS

Propõe-se a utilização de ferramentas de projetos colaborativos baseada em competências, apoiando-se em um enfoque funcional-dedutivo, parte-se da definição da competência geral da qualificação profissional da equipe envolvida, obedecendo dois níveis de competência: a) unidade e b) elementos, estabelecendo-se, ainda, para cada elemento, os respectivos padrões de desempenho.

Esta proposta metodológica, que servirá de suporte ao desenvolvimento dos projetos colaborativos proposto aqui é apresentada na Fig. 6. As etapas envolvidas visam agregar os conhecimentos técnicos, científicos e os aspectos comportamentais de base que servirão de suporte para o desenvolvimento de competências mais complexas.

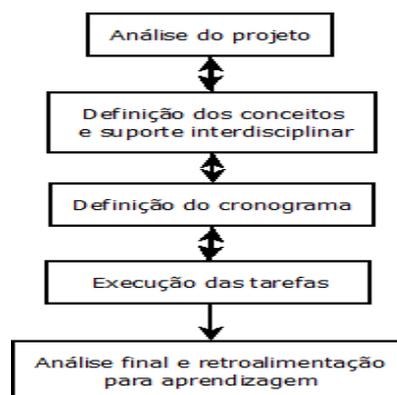


Figura 6 - Condução Metodologia do projeto.

Seguindo conceitos de robótica pedagógica, utilizou-se o kit LEGO Mindstorms no desenvolvimento de um robô empilhadeira, visando o envolvimento dos alunos na construção e no desenvolvimento da programação, aplicando dessa forma os conceitos de “aprender fazendo” e “aprender desfrutando”.

Após a montagem do robô empilhadeira foi necessário definir o percurso de maneira a facilitar a programação, no qual se utilizou o NXT SOFTWARE (NXT, 2011), definido este passo foi necessário calcular os movimentos do robô para que fosse atingido o objetivo

propósito. Realizaram-se os cálculos de quantas rotações seriam necessários para que o robô realizasse um giro de 90° e os tempos para se atingir os objetivos.

Depois da realização da montagem do robô, definição do percurso e os cálculos, a diagramação dos comandos foi desenvolvida conforme a rede de Petri e do PFS, representado na Fig. 7.

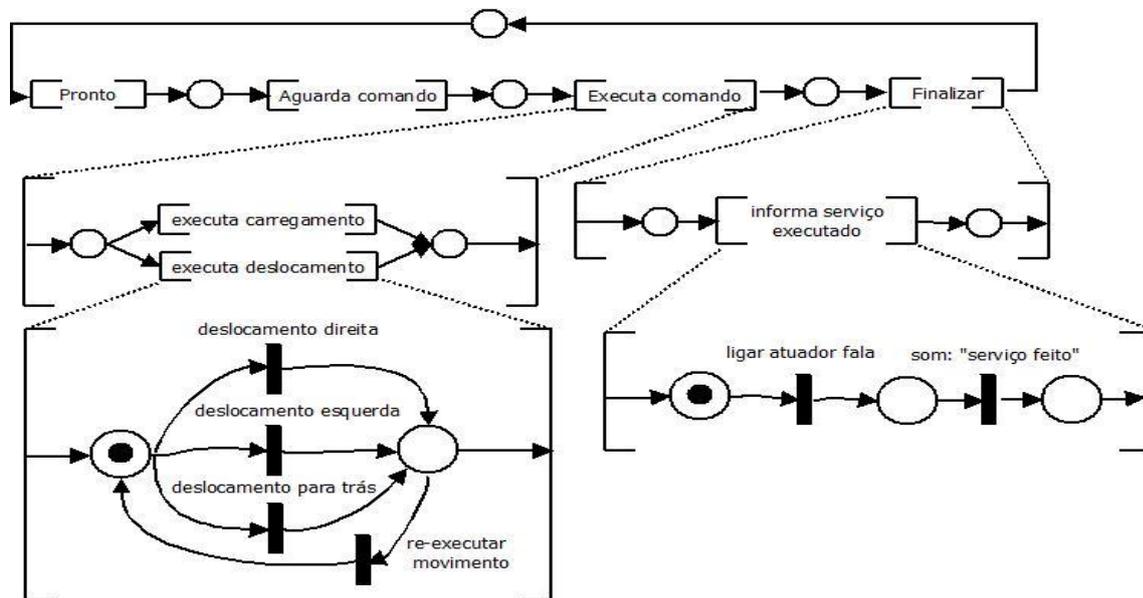


Figura 7 - Modelagem em RdP do sistema de controle do robô empilhadeira.

7 CONCLUSÕES

Este artigo descreve uma experiência usando a plataforma LEGO Mindstorms para apoiar a aprendizagem do tema de robótica móvel. Devido à possibilidade de construir rapidamente robôs com diferentes configurações, divisões modulares e conectividade permitida por esta plataforma. A idéia é colocar em prática os conceitos de "aprender fazendo" e "aprender apreciando". O uso da plataforma despertou o interesse dos alunos não só na questão da montagem do robô, mas também nos quesitos que estavam relacionados ao seu funcionamento. Constatando-se que os alunos obtiveram uma maior compreensão tanto dos aspectos físicos, relacionados à montagem, quanto ao aspecto lógico da programação.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BAGNALL, B., 2002, Core LEGO Mindstorms Programming: Unleash the Power of the Java Platform. Syngress Publishing, Inc.

BAGNALL, B., 2007, Maximum Lego NXT: Building Robots with Java Brains. Variant Press,.

CASSANDRAS, C.G., 1993, "Discret event systems – modeling and performance analysis". Richard D. Irvin, Inc. and Aksen Associates, Inc. Publ.

DAVID, R., ALLA, H., 1994, Petri nets for modeling of dynamic systems – a survey. Automatica, vol.30, no.2, pp.175-201.

- DUDEK, G. AND M. JENKIN. 2000, Computational Principles of Mobile Robotics. Cambridge University Press.
- FERRARI, M., FERRARI, G. AND HEMPEL, R., 2002, Building Robots with LEGO Mindstorms, The Ultimate Tool for Mindstorms Maniacs. Syngress Publishing, Inc.,.
- HASEGAWA, K., MIYAGI, P. E., SANTOS FILHO, D. J., TAKAHASHI, K., MA, L. Q., SUGISAWA, M. 1999, On resource arcs for Petri net modeling of complex shared resource systems. Journal of Intelligent & Robotic Systems, vol.26, n.3/4, pp.423-437,
- LAVERDE, D., G. FERRARI AND J. STUBER. 2002, Programming LEGO Mindstorms with Java. Syngress Publishing, Inc.
- MINDSTORMS. , 2011a, Disponível em <http://mindstorms.lego.com/en-us>: visitado em 5 de janeiro de 2011.
- MIYAGI, P.E., 1996, “Controle programável - fundamentos do controle de sistemas a eventos discretos”, Editora Edgard Blucher, São Paulo.
- NXT, 2011, <http://mindstorms.lego.com/en-us/whatisnxt/default.aspx>: visitado em 5 de janeiro de 2011.
- PIO, J. L., CASTRO, T., AND CASTRO, A., 2006, A robótica móvel como instrumento de apoio a aprendizagem de computação. In XVII Simpósio Brasileiro de Informática na Educação, pages 197–206.
- REISIG, W., 1985, “Petri Nets an Introduction”. Springer Verlag, New York.
- RESHKO, G., MASON M. , NOURBAKHSH, R. 2000, Rapid Prototyping of Small Robots. Technical report. Carnegie Mellon University.
- SILVA, R.M., JUNQUEIRA, F., ARAKAKI, J., SANTOS FILHO, D.J., MIYAGI, P.E., 2010a, A procedure for modeling of Holonic Control Systems for Intelligent Building (HCS-IB). In Proceedings of IEEE- The International Conference on Electrical Engineering and Automatic Control, Zibo, China.
- SILVA, R.M., ARAKAKI, J., MIYAGI, P.E., JUNQUEIRA, F., SANTOS FILHO, D.J., 2010b, Intelligent Building - Modeling and Reconfiguration using Petri net and Holons. In: Proceedings of ICNPAA: the 8th IEEE Int. Conf. on Mathematical Problems in Engineering, Aerospace and Sciences, São José dos Campos, Brazil.
- SILVA, R. M.; MIYAGI, P. E.; SANTOS FILHO, D. J., 2011, “Design of active fault-tolerant control systems”. In: Springer IFIP Advances in Information and Communication Technology, v. 349. p. 367-374.

LEGO MINDSTORMS USE OF KITS AND PETRI NETWORK WITH THE ASSISTANCE IN THE TEACHING OF EDUCATIONAL

Abstract: *In the most graduation engineering courses is unusual to find that students make contact with the practice experience of automation area and the mechatronic devices involved, since it was necessary to invest in high cost equipment to teaching these topics. Besides, the learning of advanced topics in this area requires the application of new learning methods in order to motivate and involve the students in the learning process. In this sense, LEGO platform appears as a simple, flexible, attractive and educational way to achieve the referred challenge in several domains of knowledge. Thus, this paper describes a method and experience of the introduction of the educational LEGO Mindstorms platform at high-degree studies to support the learning of mobile robotics, that is an interdisciplinary subject, combining and integrating different areas of knowledge, such as mathematics, physics, mechanics, electronics, control, and computer programming. Indeed, meta-disciplinary skills such as team and presentation competences, critical faculties, time management and project management competences are trained. These integrated learning processes play a decisive role for innovative ability and sustainability in an enterprise because corresponds to the demands of work environments that students will encounter during their future professional careers.*

Key-words: *Robotics, Robot Programming, Control, Education, Petri Net, LEGO Mindstorm*